

# Analisis Efisiensi Keluaran Daya Solar Sel Berdasarkan Sudut Kemiringan

Sri Kurniati dan Sudirman

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang  
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, Nusa Tenggara Timur

Email: [sri\\_kurniatia@yahoo.com](mailto:sri_kurniatia@yahoo.com) dan [sridirman@yahoo.com](mailto:sridirman@yahoo.com)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi penggunaan solar sel berdasarkan sudut kemiringan. Dalam sistem ini dipasang panel solar sel 100 Wp, aki untuk pengisian energi listrik 140 Ah, dan inverter 1300 Watt untuk menghidupkan lampu neon dan penyediaan sumber energi. Metode yang digunakan adalah melakukan eksperimen dengan melalui pengaturan sudut kemiringan panel solar sel dalam pengisian aki. Hasil penelitian menunjukkan kapasitas maksimum daya listrik yang mampu dioperasikan dalam aplikasi solar sel sebesar 350 Watt dengan posisi kemiringan 25°.

## Abstract

This study aims to analyze the efficiency of solar cells based on elevation angle. In this system installed panel of 100 Wp solar cells, electrical energy for charging the battery 140 Ah, and an inverter 1300 Watt to turn on the fluorescent lights and the supply of energy resources. The method used is to experiment with the adjust the angle elevation of solar panels in the charging battery cells. The results showed the maximum capacity of the electric power that is able to operate in the application of 350 Watt with elevation position 25°.

*Keyword : Solar cell, Elevation Angle, Efficiency*

## 1. Latar Belakang

Kupang merupakan daerah yang mempunyai potensi energi matahari yang cukup tinggi, karena mempunyai musim kemarau yang lebih panjang dari pada musim hujan, yakni 9 bulan musim kemarau dan 3 bulan musim hujan. Data Stasiun Klimatologi Lasiana-Kupang menunjukkan, bahwa lokasi daerah ini mempunyai beberapa potensi alam yang bisa dimanfaatkan, salah satunya adalah potensi energi matahari yang mempunyai intensitas cahaya paling rendah pada bulan Januari 173.304 dan yang paling tinggi pada bulan September 271.830 [1].

Oleh karena itu, pengembangan dan implementasi sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, seperti energi matahari merupakan salah satu solusi untuk mengatasi kendala yang dialami oleh mitra jasa penjualan dan pembakaran ikan. Hal ini sejalan dengan keinginan Pemerintah yang telah menyiapkan berbagai peraturan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil [2]. Misalnya, Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) tahun 1980 dan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No 996.K/43/MPE/1999 tentang prioritas penggunaan bahan bakar terbarukan untuk produksi listrik yang hendak dibeli PLN [3]. Akan tetapi, pada tataran implementasi belum terlihat adanya usaha serius dan sistematis untuk menerapkan energi terbarukan guna substitusi bahan bakar fosil.

Saat ini sumber energi alternatif merupakan suatu kebutuhan yang mendesak akibat berkurangnya sumber energi fosil. Salah satu diantaranya adalah sistem photovoltaik (PV) seperti solar sel yang merupakan sumber energi yang paling menjanjikan [4, 5]. Namun salah satu kekurangan dari solar sel ini adalah mempunyai tegangan keluaran arus searah (DC) dengan daya yang relatif masih kecil.

Oleh karena itu untuk menggunakan solar sel dengan kapasitas besar seperti menggerakkan pompa air atau peralatan lain yang mempunyai input tegangan AC, maka harus dirubah melalui inverter AC. Inverter AC merupakan suatu peralatan yang dapat mengubah tegangan DC (keluaran dari solar sel) menjadi tegangan AC dengan daya yang lebih besar. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis efisiensi penggunaan panel solar sel yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik berdasarkan sudut kemiringan.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Tahapan Penelitian

Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengambilan data klimatologi pada lokasi kegiatan, yang meliputi: data radiasi rata-rata

- harian, intensitas radiasi bulanan, cuaca hujan dan temperatur udara.
- Membuat dan membangun sistem pembangkit energi listrik dengan menggunakan solar sel.
  - Mengaplikasikan panel solar sel 100 Wp untuk mengisi aki 140 Ah (2 x 70 Ah).
  - Melakukan pengujian pengaruh kemiringan sel surya terhadap energi yang dibangkitkan.
  - Melakukan pengukuran tegangan pada pengisian aki.
  - Menganalisis keluaran dan efisiensi solar sel.

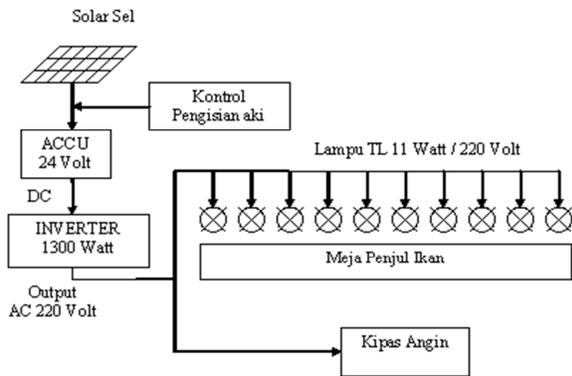
**2.2 Alat dan Bahan yang Digunakan**

Alat dan Bahan yang digunakan, sebagai berikut:

- Satu panel solar sel dengan daya 100 Wp / 24 Volt
- Satu Buah Aki 100 Ah / 12 Volt
- Satu modul solar charger kontroller 12/24 Volt
- Satu buah inverter (DC – AC) 1300 Watt.
- 10 buah lampu hemat energi (LHE) dengan daya masing-masing 11 Watt.
- Kipas Angin
- Rumah panel dan perangkat kabel NGA 1,5 mm.
- Kabel instalasi secukupnya.

**2.3 Desain Alat**

Rangkaian secara blok diagram yang diaplikasikan dalam kegiatan dapat dilihat dalam Gambar 1.



**Gambar 1. Desain Panel Solar Sel dengan Kapasitas Daya 1300 Watt**

**2.4 Analisis Data**

Dalam penelitian ini ada beberapa persamaan yang digunakan untuk menganalisis data, diantaranya:

- Lama modul mendapatkan sinar global = Jumlah Sinar Global (Wh/m<sup>2</sup> : Maksimum Sinar Global 1000 Wh/m<sup>2</sup> .....(1).
- Energi yang dihasilkan modul surya (Wh/hari) = Daya nominal modul (Watt) x Lamanya modul mendapatkan sinar global (hour), [6] ..... (2).
- Jumlah minimum modul = Energi elektrik harian yang dibutuhkan beban (Wh/hari) x Keluaran harian modul

(Wh/hari pada 12 Volt) : Efisiensi Pengisian Baterai (%), [7] . .....(3).

4. Efisiensi Modul:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{oc.Isc.FF}}{S.F} \dots\dots\dots (4).$$

Dimana:

- V<sub>oc</sub> = Tegangan open circuit (Volt)
- I<sub>sc</sub> = Arus short circuit (Ampere)
- FF = Faktor pengisian
- S = Luas permukaan modul (m<sup>2</sup>)
- F = Intensitas radiasi matahari yang diterima (watt/m<sup>2</sup>).

5. Persamaan yang digunakan untuk menentukan faktor pengisian (FF):

$$FF = \frac{V_m \cdot I_m}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

- V<sub>oc</sub> = Tegangan open circuit (Volt)
- I<sub>sc</sub> = Arus short circuit (Ampere)
- V<sub>m</sub> = Tegangan Nominal (Volt)
- I<sub>m</sub> = Arus Nominal (Ampere)
- 6. Total kapasitas baterai yang dapat digunakan (Ah pada 12 volt) = Total energi harian ke beban (Wh/hari) x Periode penyimpanan : 12. .... (6)
- 7. Jumlah minimum baterai yang diperlukan = Total kapasitas yang dapat digunakan x 100% : Kapasitas nominal untuk 12 V (Ah) : 80%, .....(7)
- 8. Arus Beban (Ampere) = Total daya Beban (Watt) : Tegangan Sistem (Volt) .....(8)

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Hasil Penelitian**

**3.1.1 Spesifikasi Modul Solar Sel**

Dalam penelitian ini digunakan 2 modul yang dihubungkan secara paralel sehingga diperoleh daya total panel 100 Wp dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Model SM50;
- Jumlah sel 36;
- Baterai 12V / 70Ah;
- Spesification At 1000W/m<sup>2</sup>;
- Daya keluaran maksimum 50 Watt;
- Open CKT 600 V;
- Copper only 600 V;
- Arus hubung singkat (I<sub>sc</sub>) 3,4 A;
- Arus nominal (I<sub>Rated</sub>)3,05 A;
- Tegangan rangkain terbuka 21,4;
- Tegangan nominal 16,6 V;
- Seri 10 A;
- Lebar 35 cm;
- Panjang 130 cm

**3.1.2 Perencanaan Sistem Solar Sel**

**- Data Beban**

**Tabel 1. Data Beban**

No.	Jumlah	Jenis Peralatan	Daya yang Dibutuhkan	Lama Operasi (jam)	Energi hari (Wh / hr)
1.	5	Lampu TL	55	3	165
2.	3	Kipas Angin	225	2	450
Total Beban			280		615

**- Kapasitas Baterai (Aki) yang diperlukan**

Dengan mengambil satu baterai (aki) dengan kapasitas nominal 70 Ah, maka diperoleh:

- $70 \text{ Ah} \times 80\% : 100\% = 70 \text{ Ah}$ .

Kapasitas yang dapat digunakan sampai umur daur adalah:

- $70 \text{ Ah} \times 615 = 43050 \text{ Ah}$

Bila ditetapkan periode penyimpanan selama 2 hari, maka dengan menggunakan persamaan 7 total kapasitas baterai yang digunakan adalah:

- $615 \text{ Wh/hari} \times 2 \text{ hari} : 12 \text{ Volt} = 102,5 \text{ Ah}$  (pada Aki 12 Volt).

Kemudian dengan menggunakan persamaan 8, dapat ditentukan jumlah baterai (aki) yang diperlukan, yaitu:

- $102,5 \times 100\% : 70 \text{ Ah} : 80\% = 1,8 = 2$  buah aki (70 Ah / 12 Volt)

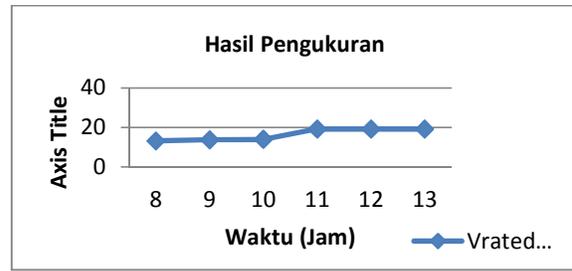
Dengan berdasarkan dari perhitungan ini, maka dalam kegiatan ini digunakan 2 aki 70 Ah/ 12 Volt yang dipasang parallel atau  $2 \times 70 \text{ Ah} = 140 \text{ Ah}$ .

**3.1.3 Data Pengujian pada Modul PV Berdasarkan Waktu**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui keluaran tegangan modul solar sel mulai pukul 8 pagi sampai pukul 13.00 siang hari pada tgl 1 Agustus 2012 (cerah) dengan kemiringan modul 30°. dan ketinggian 1 m, yakni seperti dalam Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Pengujian Modul Solar Sel Berdasarkan Waktu**

Waktu	Hasil Pengukuran			
	V <sub>rated</sub> (Volt)	V <sub>oc</sub> (Volt)	I <sub>rated</sub> (Ampere)	I <sub>sc</sub> (Ampere)
08.00	13,18	19,07	0,15	1,3
09.00	13,80	19,08	0,18	1,8
10.00	13,96	19,08	0,14	2,5
11.00	19,19	19,16	0,15	2,7
12.00	19,19	19,25	0,15	2,8
13.00	19,17	19,10	0,15	2,5



**Gambar 2. Hasil Pengukuran Tegangan**

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa tegangan nominal (V<sub>rated</sub>) dari modul mengalami fluktuasi tergantung intensitas cahaya dan waktu. Artinya semakin panas matahari, maka tegangan nominal semakin meningkat. Hal ini terlihat bahwa ketika pukul 08.00 Wita tegangan nominal yang terukur adalah 13,18 Volt, tetapi pada pukul 10,00 mencapai 13,96 Volt. Kemudian dari pukul 10 Wita sampai pukul 12.00 Wita terjadi kenaikan yang cukup drastis, yakni 19,19 Volt dan sedikit mengalami penurunan ketika berada pada pukul 13.00 Wita, yakni 19,17 Volt.

**3.1.4 Data Pengujian pada Modul PV Berdasarkan Sudut Kemiringan**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kemiringan modul terhadap keluaran tegangan modul. Pengukuran dilakukan pada saat matahari berada pada puncak panas, yakni pukul 12 siang, seperti yang terlihat dalam Tabel 2.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Modul Solar Sel Berdasarkan Sudut Kemiringan**

Derajat	Hasil Pengukuran			
	V <sub>rated</sub> (Volt)	V <sub>oc</sub> (Volt)	I <sub>rated</sub> (Ampere)	I <sub>sc</sub> (Ampere)
5°	21,95	21,68	0,8	2,7
10°	21,25	21,65	0,9	2,7
15°	20,65	20,45	0,10	2,7
20°	20,47	20,85	0,13	2,7
25°	19,20	19,95	0,14	2,8
30°	19,19	19,25	0,15	2,8

Berdasarkan data pengujian Tabel 3 menunjukkan bahwa besarnya tegangan nominal solar sel ditentukan juga oleh posisi solar sel. Hal ini terlihat bahwa semakin kecil sudut penempatan posisi modul, maka semakin besar tegangan nominal yang dihasilkan. Kemudian Tabel 4 memperlihatkan data perhitungan daya pada modul berdasarkan sudut kemiringan. Rumus yang digunakan dalam perhitungan daya menggunakan persamaan 8.

**Tabel 4 Data Perhitungan Daya Berdasarkan Sudut Kemiringan pada Waktu Puncak (Pukul 12.00)**

Derajat	Daya Output (Watt)
5°	59,265
10°	57,373
15°	55,755
20°	55,242
25°	55,9
30°	53,732

### 3.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan (Tabel 3) diperoleh informasi, bahwa posisi 5° merupakan posisi yang baik untuk mendapatkan tegangan maksimum, yakni 21,9 Volt. Akan tetapi, pada pengisian beban arus nominal tidak maksimal atau tidak terisi penuh, yakni 0,8 A. Dibandingkan dengan pada posisi kemiringan 25°, dengan tegangan maksimum 19,20 Volt dan arus nominal 2,8 A. Selain itu, tegangan nominal yang dihasilkan oleh modul yang kemiringannya 25° lebih bertahan lama dibandingkan dengan modul kemiringan lebih kecil 5°. Hal ini terjadi karena modul yang dengan kemiringan 25° dapat menyerap cahaya matahari mulai dari pagi hari sehingga beban dapat terisi mulai dari pagi.

Dengan demikian daya yang diserap oleh beban dapat bertahan lama dibandingkan dengan modul kemiringan antara 5°- 20°. Hal ini terjadi karena modul tersebut hanya dapat menyerap sinar matahari pada siang antara pukul 11.00 sampai 12.00, sedangkan pada pagi hari tidak langsung mengenai permukaan modul solar sel sehingga beban hanya terisi pada saat matahari sudah tepat berada di atas permukaan modul.

Selanjutnya, dari hasil kegiatan ini diperoleh informasi bahwa efisiensi dari keluaran tegangan modul solar sel sangat tergantung dari sinar matahari. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari, maka semakin bagus keluaran tegangan solar sel untuk mengisi aki yang dipasang dengan menggunakan kontrol otomatis. Fungsi dari kontrol otomatis ini adalah jika aki sudah terisi penuh, maka akan memutuskan hubungan antara panel solar sel dengan aki. Hal ini dapat dilihat dari lampu indikator lampu kontrol, jika lampu sudah berwarna hijau berarti aki sudah penuh, sedangkan bila lampu masih berwarna merah, maka aki belum penuh.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Efisiensi keluaran tegangan dari panel modul solar sel ditentukan oleh posisi kemiringan dari panel solar sel dan intensitas cahaya matahari.
- Semakin tinggi intensitas cahaya matahari semakin tinggi efisiensi keluaran modul solar sel.
- Posisi kemiringan penempatan solar sel pada lokasi kegiatan berada pada posisi 25°.
- Berdasarkan hasil perhitungan daya beban, maka digunakan 2 buah aki sebesar 70 Ah/12 Volt ( 140 Ah) untuk mensuplai beban yang digunakan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Meteorologi dan Geofisika. 2007. *Data Harian* Kupang. Nusa Tenggara Timur.
- [2] Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi. 2004. *Pengembangan Pemanfaatan Energi Alternatif*. Makalah Disampaikan Pada Diskusi di P2E-LIPI dengan tema Pengembangan Sumber Daya Energi Alternatif: Upaya Mengurangi Ketergantungan Terhadap Minyak.
- [3] Indartono, Y, S., 2005. *Pengembangan Energi Terbarukan sebagai Energi Aditif di Indonesia*.
- [4] Y. Sukamongkol, S. Chungpaibulpatana, W. Ongsakul. 2002. *A Simulation Model for Predicting the Performance of A Solar Photovoltaic System With Alternating Current Loads*. Renewable Energy, No. 27, pp. 237-258.
- [5] Teguh Utomo. 2006. *Kajian Kelayakan Sistem Photovoltaik sebagai Pembangkit Daya Listrik Skala Rumah Tangga*. Proceedings EECCIS. Universitas Brawijaya.
- [6] Kessler, R. Nutzi. 1995. *Photovoltaik*, Malang, VEDC
- [7] Roberts, Simon. 1996. *Solar Electricity. A Practical Guide to Designing and Installing Small Photovoltaic System*, New York, Prentice Hill

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada DP2M –DIKTI tahun 2012 yang telah membiayai kegiatan ini dan Undana yang memfasilitasi atas terselenggaranya kegiatan program ini.